

TEXT HISTÒRIC:

El desembre de 1916, Einstein completava la redacció del llibre del qual en transcriurem un fragment, la "Teoria de la relativitat especial i general (a l'abast de tothom)". L'obra, que ha esdevingut un clàssic de la literatura científica del segle XX, segueix oferint una excel·lent introducció a la teoria de la relativitat i en ella Einstein es proclamà un gran divulgador científic.

Einstein, Albert (1916). **El camp gravitatori**. Secció 19 de la part II del llibre "Teoria de la relativitat especial i general (a l'abast de tothom)". Traducció de Xavier Roqué.

"La pregunta "Per què cau a terra una pedra que hem recollit i deixat anar?" sol tenir per resposta "perquè és atreta per la Terra". La física moderna formula la resposta d'una manera una mica diferent, per les raons següents. A través de l'estudi detallat dels fenòmens electromagnètics, s'ha arribat a la conclusió que no hi ha cap acció immediata a distància. [...]. Els efectes de la gravitació són concebuts d'una manera anàloga.

L'acció de la Terra sobre la pedra és indirecta. La Terra crea al seu entorn un camp gravitatori, que actua sobre la pedra i ocasiona el seu moviment de caiguda. L'experiència ens diu que la intensitat de l'acció sobre un cos disminueix, a mida que se l'allunya de la Terra, segons una llei completament determinada. En la nostra interpretació, això vol dir el següent: la llei que regeix les propietats espacials del camp gravitatori ha de ser una llei ben determinada, per tal de representar correctament la disminució de l'acció gravitatòria amb la distància als cossos que la generen. És com si imaginéssim que el cos (per exemple la Terra) genera directament el camp en el seu entorn immediat; llavors es determina la intensitat i la direcció del camp a distàncies més grans mitjançant la llei que regeix les propietats espacials del propi camp gravitatori.

El camp gravitatori presenta, contràriament als camps elèctric i magnètic, una propietat del tot remarcable que té una importància fonamental per al que segueix. Els cossos que es mouen exclusivament sota l'acció del camp de la gravetat, experimenten una acceleració que no depèn ni gens ni mica del material ni de l'estat físic del cos. Un tros de plom i un tros de fusta, per exemple, cauen exactament igual en un camp gravitatori (a l'espai buit) quan se'ls deixa anar des del repòs o amb la mateixa velocitat inicial. Podem formular altrament aquesta llei extraordinàriament precisa a partir de la següent consideració:

La llei del moviment de Newton diu

$$(força) = (massa\ inercial) \cdot (acceleració),$$

on la *massa inercial* és una constant característica del cos accelerat. Si la força que provoca l'acceleració és la de la gravetat, es té d'altra banda

$$(força) = (massa\ gravitatòria) \cdot (intensitat\ del\ camp\ gravitatori),$$

on la *massa gravitatòria* és igualment una constant característica del cos. Aquestes relacions impliquen:

$$(acceleració) = \frac{(massa\ gravitatòria)}{(massa\ inercial)} \cdot (intensitat\ del\ camp\ gravitatori)$$

Si, en un camp gravitatori donat, l'acceleració és sempre la mateixa independentment de la naturalesa i l'estat del cos -com indica l'experiència-, de la mateixa manera la raó entre les masses gravitatòria i inercial ha de ser igual per a tots els cossos. Si triem convenientment les unitats podem fer que aquesta raó sigui igual a 1, de forma que valgui la proposició: la massa *gravitatòria* i la massa *inercial* d'un cos són iguals.

La mecànica ha *enregistrat* aquesta important proporció, però no l'ha *interpretada*. Només podem assolir una interpretació satisfactòria reconeixent *que la mateixa qualitat del cos, s'expressa segons les circumstàncies, com a "inèrcia" o com a "gravetat"*. En els epígrafs següents veurem fins a quin punt aquest és realment el cas, i quina és la relació d'aquesta qüestió amb el postulat de la relativitat general".

FONT:

Roqué, Xavier.(2000). Albert Einstein. La teoria de la relativitat i altres textos Col·lecció Clàssics de la Ciència.Barcelona. Vic. IEC/Editorial Pòrtic/Eumo Editorial. (pp.35-36).

QÜESTIONS:

1.- Quin gran personatge de la història de la ciència va concebre l'acció gravitatòria immediata a distància?

PISTA: "*hyphoteses non fingo*"

2.- Per quin altre concepte ha estat substituïda l'acció immediata a distància?

3.- Quin personatge va intuir aquest concepte fonamental per a la física moderna?

Per què diem "intuir" i no pas, per exemple, "formular"?

PISTA: És un personatge que visqué en el segle XIX i ho va relacionar amb l'atracció que fa un imant sobre el ferro.

4.- Per què l'acció immediata a distància està en contradicció fins i tot amb la relativitat especial o restringida? PISTA: Si el Sol "s'apagués" de sobte encara trigaríem uns vuit minuts a quedar-nos sense llum natural.

5.- Defineix el concepte de camp de forces. És quelcom físicament real o només és una abstracció matemàtica?

6.- Quin tipus de magnitud, escalar o vectorial, és la intensitat de camp gravitatori?

7.- Quin personatge fou el primer que va comprovar experimentalment i va establir una llei matemàtica que formulava que el moviment d'un cos que es mou exclusivament sota l'acció de la gravetat (a l'espai buit i en un lloc determinat on aquesta intensitat del camp g sigui constant) és independent del tipus de material i de l'estat físic del cos?

8.- Quina propietat diferencial presenta el camp gravitatori que Einstein considera essencial? Saps per què?

9.- Explica la diferència entre massa inercial i massa gravitatòria.

10.- Explica com justifica Einstein –atenent-se a quines lleis i basant-se en quin conveni- que la massa inercial i la massa gravitatòria són iguals.

(NOTA: La interpretació d'aquest fet el conduí al principi d'equivalència que és el punt de partida de la teoria de la relativitat general.)